

DETERMINAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DE PARÂMETROS DO SOLO PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS¹

Fabricia Benda de Oliveira², Maria da Glória Alves³, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira⁴

Resumo: O presente trabalho visou determinar e padronizar parâmetros do solo, para avaliação de áreas para disposição de resíduos provenientes das atividades humanas, levando-se em consideração a maneira como cada fator interfere na disposição e seu comportamento em contato com o solo. Áreas classificadas como latossolos foram consideradas as mais adequadas e espodosolos, gleissolos e organossolos os menos adequados para a disposição de resíduos. Os Depósitos de Formação Barreiras foram considerados de adequabilidade máxima, por serem solos situados em regiões de relevo mais abatido, tendo, portanto maiores espessuras dos solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, bem drenados e com relevo aplainado. Os resultados obtidos no presente trabalho revelam as características desejáveis dos solos para áreas de disposição de resíduos sólidos, características essas que podem ser alteradas de acordo com a infra-estrutura proposta para a área.

Palavras-chave: disposição de resíduos sólidos, padronização, parâmetros de solos.

DETERMINATION AND STANDARDIZATION OF SOIL PARAMETERS FOR SOLID WASTE DISPOSAL

Abstract: This study was aimed to determine and standardize soil parameters for evaluation of areas for waste disposal from human activities, taking into account how each factor affects the setting and behavior in contact with the ground. Areas classified as Oxisols were considered the most appropriate, and Spodosols, and histosols Gleissolos the least suitable for waste disposal. The deposits of the Barreiras Formation were considered to have maximum suitability, being land situated in regions where relief was more depressed, and thus having greater soil thicknesses in an advanced stage of weathering, highly evolved, well drained, and with flattened relief. The results of this study reveal the desired characteristics of land for solid waste disposal sites, and these characteristics can be modified according to the proposed infrastructure for the area.

Keywords: soil parameters, solid waste disposal, standardization.

INTRODUÇÃO

De acordo com ABNT (1987), na Norma Brasileira 10.004, que trata sobre os resíduos sólidos e sua classificação, resíduos sólidos são definidos como: “resíduos no estado sólido ou semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço de varrição. Ficam incluídos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalação de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviáveis o seu lançamento na rede de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas economicamente inviáveis, face à melhor tecnologia disponível”.

Os resíduos são constituídos de materiais das mais diferentes origens e processos, que depois de serem

¹ Artículo recibido el 17 de enero de 2013 y aceptado para publicación el 8 de abril de 2013.

² Professora da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Geologia, Alto Universitário, s/n, caixa postal 16, Guararema, Alegre/ES – Brasil, CEP 29500-000. E-mail: fabricia.oliveira@ufes.br

³ Professora da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Centro de Ciência e Tecnologia, Laboratório de Engenharia Civil, Av. Alberto Lamego, 2000, Prédio das Oficinas, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil, CEP: 28013-602. E-mail: mgloria@uenf.br

⁴ Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus Ibatiba, Av. 7 de novembro, s/n, Centro, Ibatiba/ES – Brasil, CEP 29395-000. E-mail: engcarloshenrique@gmail.com

A proposta metodológica utilizada neste trabalho para determinação dos parâmetros do solo para avaliação de áreas para disposição de resíduos compreende o levantamento e a análise dos condicionantes, através da aquisição, armazenamento e descrição de dados pedológicos e geológico-geotécnicos, com o objetivo de determinar como os condicionantes do solo podem interferir no comportamento do mesmo diante da disposição de resíduos sólidos.

Segundo Pastore e Fontes (1998) a classificação geológica baseia-se na análise tátil-visual, na morfologia e nas relações estratigráficas com outros solos e rochas. E podem ser classificados em solos in situ ou residuais e transportados, sendo respectivamente aqueles que não sofreram ou sofreram transporte por agentes geológicos.

A classificação pedológica concentra seu interesse na parte mais superficial do perfil do subsolo, diferenciando-o em horizontes denominados A, B e C. De acordo com Pastore (1995) os horizontes são denominados: Horizonte de solo orgânico (corresponde ao horizonte A pedológico); Horizonte laterítico (corresponde ao horizonte B pedológico); Horizonte de solo saprolítico; Horizonte de rocha muito alterada; Horizonte de rocha alterada; e Horizonte de rocha sã.

Levando-se em consideração o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, proposto por Embrapa (2006), a pedologia da área de estudo é constituída por Neossolo Litólico, presentes nos locais de relevo mais elevado, Argissolos Vermelho-Escuros e Cambissolos Álicos, que constituem em sua maioria, os solos de encostas. Nas regiões onduladas, de domínio colinoso, foram identificados o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho-Amarelo. Nas regiões planas e faixa litorânea, foram identificadas áreas de Gleissolo, Espodossolo, Organossolo, Neossolo Flúvico e Cambissolo Eutrófico. Na área de tabuleiros da Formação Barreiras, foram identificadas áreas de Argissolo Amarelo e Latossolo Amarelo.

Foram analisadas as propriedades do solo, a fim de verificar como as mesmas interferem na percolação de líquidos, sendo elas: composição (orgânica ou mineral), textura, atividade da argila, permeabilidade e horizonte diagnóstico.

A Tabela 1 mostra algumas propriedades consideradas para as diferentes classes de solos encontradas na área de estudo, compiladas de Embrapa (2006).

Tabela 1: Propriedades consideradas na análise para as diferentes classes de solos encontradas na área de estudo. Fonte: Compilado de Embrapa (2006).

Classes de solo / Propriedades do solo	Composição (mineral/orgânica) ¹	Hidromorfismo ²	Horizonte Diagnóstico ⁸
Neossolo Litólico	Mineral / orgânico pouco espesso	Não	Sem B diagnóstico definido
Argissolo Vermelho-Escuro	Mineral	Não	B textural
Cambissolo Álico	Mineral	Não	B incipiente
Argissolo Vermelho-Amarelo	Mineral	Não	B textural
Latossolo Vermelho-Amarelo	Mineral	Não	B latossólico
Gleissolo	Mineral	Sim	Glei
Espodossolo	Mineral	Sim	B espódico
Organossolo	Orgânico	Sim	Solos orgânicos
Neossolo Flúvico	Mineral / orgânico pouco espesso	Não	Sem B diagnóstico definido
Cambissolo Eutrófico	Mineral	Não	B incipiente
Argissolo Amarelo	Mineral	Não	B textural
Latossolo Amarelo	Mineral	Não	B latossólico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo temos a descrição das características utilizadas na análise dos solos para disposição de resíduos sólidos, levando-se em consideração a permeabilidade do mesmo, bem como sua capacidade de troca catiônica.

Material orgânico e mineral

Solos minerais foram considerados mais propícios a instalação de aterros, pois são mais estáveis do ponto de vista da diminuição do volume, além do que solos orgânicos ocorrem geralmente em ambientes mal drenados, o que o torna inapto, uma vez que a ocorrência do lençol em pequena profundidade pode causar contaminação do mesmo. Assim, características que poderiam considerar os solos orgânicos aptos como a porosidade e a CTC elevada, só poderiam ser consideradas, caso fossem feitas obras de drenagem e compactação na área com esse tipo de solo.

Hidromorfismo

Indica ambiente onde o lençol freático está bem próximo à superfície do terreno, podendo ultrapassá-la em períodos mais chuvosos. Assim, solos hidromórficos estão localizados em áreas menos aptas do que solos não hidromórficos, pois o lençol alto é mais fácil de ser contaminado por substâncias provenientes da decomposição do lixo.

Textura

Solos com textura unitária apresentam discreto aumento de argila ao longo do perfil, logo apresentam pequena relação textural e, em geral, comportamento hídrico semelhante ao longo do perfil.

Solos com textura binária apresentam aumento significativo de argila do horizonte B em relação ao horizonte suprajacente, com textura constataste ou mudança textural abrupta, apresentando comportamento hídrico variável ao longo do perfil.

Para o propósito deste trabalho, consideramos aptas para a disposição de resíduos, áreas cujos solos possuam alta permeabilidade, porém com capacidade de retenção de poluentes. Solos arenosos oferecem inexpressiva capacidade filtrante e elevada permeabilidade, enquanto solos argilosos possuem menor permeabilidade e maior capacidade filtrante, portanto, consideramos solos com textura média mais adequados ao empreendimento.

Incremento de argila

Característica utilizada exclusivamente com o horizonte B para designar relevante acumulação ou concentração de argila (fração $<0,002\text{mm}$), que pode ter sido translocada por iluviação ou formada no próprio horizonte, com concentração relativa, devido à destruição ou perda de argila do horizonte A ou E.

Solos com incremento de argila no horizonte B subentende-se solos com menor permeabilidade nesse horizonte, podendo, todo líquido que por ele penetrar, acumular-se sobre esse horizonte ou escoar para as laterais, quando de encontro com este, por apresentar baixa permeabilidade.

Solos com essa característica tem menor aptidão para disposição de resíduos, já que não devemos implantar aterros em áreas sujeitas a alagamentos, devido a maior probabilidade de contaminação dos cursos d'água.

Atividade da argila

Importante propriedade dos solos quando se trata de áreas para disposição de resíduos, uma vez que há retenção de cátions e ânions e que estes estão presentes em grande quantidade no chorume e que devem ficar retidos no solo, para que não sejam levados para o lençol freático.

Quanto maior a CTC mais apto é o solo para o objetivo proposto.

Permeabilidade

Devemos observar que a classe de permeabilidade do solo é comandada pela permeabilidade de seu horizonte menos permeável. Solos anisotrópicos podem apresentar permeabilidade rápida em superfície, porém a permeabilidade do perfil é considerada lenta devido à presença de B textural pouco permeável.

Se formos analisar a permeabilidade do solo como uma característica separada e como queremos áreas muito permeáveis, solos arenosos seriam mais aptos.

Porosidade

Conjunto de vazios de tamanhos variados existentes no solo: poros, fendas, canais, etc. Sua quantidade, diâmetro, formas, rugosidade e tortuosidade são de extrema importância, pois influenciam no fluxo e no armazenamento de gases e líquidos.

Os poros podem ser classificados em microporos e macroporos, assim solos argilosos apresentam grande microporosidade enquanto que solos arenosos apresentam grande macroporosidade. Porém, solos argilosos podem possuir também grande macroporosidade dada pela agregação (estrutura).

Em geral, devido ao tamanho dos poros, os solos arenosos são mais permeáveis que os solos argilosos, pois, a água é retida com mais força nos poros menores, nos poros maiores, a própria gravidade remove a água.

Horizonte diagnóstico

Observando as características de cada horizonte, e analisando somente os horizontes diagnósticos podemos fazer uma ordenação em função do grau de adequabilidade dos mesmos, da seguinte maneira:

- 1 - Horizonte B latossólico é mais apto para a disposição de resíduos, pois possui textura arenosa ou mais fina, é um horizonte bem permeável e, além disso, possui uma zona de aeração que o torna bastante adequado à construção de aterros;
- 2 - Horizonte B incipiente, por possuir CTC elevada, propicia a retenção no solo de cátions e ânions presentes no chorume, para que não seja levado para o lençol freático, além de possuir textura média e argilosa;
- 3 - Horizonte B textural, possui textura franco-arenosa ou mais fina e possui incremento de argila, logo, possui menor permeabilidade nesse horizonte. Solos com essa característica tem menor aptidão para o objetivo proposto, pois essa camada menos permeável funciona como uma barreira ao fluxo, o que pode resultar numa área alagadiça;
- 4 - Horizonte A proeminente e A húmico, quando comparamos esses dois horizontes, percebemos que são pouco propícios para o empreendimento devido ao A proeminente ser pouco provido de bases trocáveis (distróficos) e o A húmico, apesar de ter boa permeabilidade, tem a presença de grande quantidade de material orgânico. Se compararmos um em relação ao outro, o A proeminente seria mais propício que o A húmico;
- 5 - Horizonte glei, o maior impedimento desse horizonte está na sua formação em ambiente palustre, o que deixa o lençol numa condição de muito risco de contaminação;
- 6 - Horizonte espódico é um horizonte bem permeável e que possui menor capacidade filtrante, além de ser um solo de textura grosseira, pobre quimicamente e com elevada condutividade. Possui ainda como impedimento o lençol freático a pequena profundidade e a baixa capacidade de adsorção.

Padronização

Para a padronização das classes, utilizou-se a escala de valores de 0 a 255, que é utilizada em Sistemas de Informações Geográficas, particularmente em análises usando lógica *fuzzy* e indicam que quanto maior o valor (mais próximo de 255) maior sua aptidão ao empreendimento proposto, logo a pertinência se dá por uma transição gradual variando de 0 a 255, indicando um aumento contínuo de não membro a membro completo da classe. Essa valoração levou em consideração a permeabilidade dos solos e sua capacidade de filtragem, ou seja, de reter os contaminantes encontrados nos resíduos.

Classes pedológicas

Na Tabela 2 tem-se a padronização das classes pedológicas e a seguir uma breve descrição dos valores atribuídos.

Tabela 2: Padronização das classes pedológicas.

Classe de Solo	Valor padronizado
Latossolo Amarelo	255
Latossolo Vermelho-amarelo	255
Argissolo Amarelo	220
Argissolo Vermelho-Amarelo	190
Argissolo Vermelho-Escuro	160
Cambissolo Eutrófico	128
Cambissolo Álico	128
Neossolo Flúvico	64
Neossolo Litólico	64
Espodossolo	0
Gleissolo	0
Organossolo	0

Para padronização das classes de solos da Tabela 2, foram levadas em consideração as características que influenciam na classificação dos solos: composição, hidromorfismo, textura, incremento de argila, atividade da argila, permeabilidade, porosidade e horizonte diagnóstico.

Abaixo tem-se a definição dessas características e a comparação entre as classes de solos que foram determinantes para a normalização das classes e para a valoração de adequabilidade de cada uma.

Os Latossolos foram escolhidos como de máxima adequabilidade (255) para a construção de aterros por serem solos minerais, logo, mais estáveis do ponto de vista da diminuição do volume, não hidromórficos, com horizonte B textural que possui zona de aeração e textura média, além de ter elevada permeabilidade, sendo, assim, bem acentuadamente drenados. Dentro das classes dos latossolos presentes na área, não faremos distinção entre elas, uma vez que as mesmas possuem características semelhantes.

Na sequência estão os Argissolos, por serem solos minerais e não hidromórficos como os latossolos e bem drenados e com alto gradiente textural, o que o satisfaz as exigências que se espera para área.

Dentro da classe dos argissolos, o argissolo amarelo tem maior adequabilidade (220), por estar em regiões de relevo suave. Em seguida temos o argissolo vermelho-amarelo (190) cujas regiões de maior ocorrência são as de relevo ondulado a montanhoso, com a mesma textura diagnóstica e a mesma média de argila, porém, com uma menor permeabilidade que o amarelo. Por último temos os argissolos vermelho-escuro (160), que se situam em áreas de relevo montanhoso a forte ondulado, regiões essas não adequadas para a construção de aterro do ponto de vista técnico.

Na classe dos cambissolos, que se dividem em álico e eutrófico, temos mesma adequabilidade (média adequabilidade – 128) para ambos. Essa classe compreende solos minerais e não hidromórficos, com horizonte B incipiente, o que lhe caracteriza com alta capacidade de troca catiônica, dando a essa classe uma importante propriedade de retenção de cátions e ânions, que no caso de aterro estão em grande quantidade no chorume. Possui textura média a argilosa, sendo bem a moderadamente drenados.

A adequabilidade dos Neossolos tem valor abaixo da média (64), por serem solos situados em regiões de depósitos aluviais (flúvicos) no baixo curso do rio, região com elevado risco de contaminação dos mananciais e em regiões serranas, cuja declividade não é propícia à construção de aterros. Assim, deu-se mesmo valor de adequabilidade as duas classes de neossolos.

Os solos classificados como Espodossolo, Gleissolo e Organossolo serão considerados de adequabilidade nula (0) para a análise, por serem solos hidromórficos, mal a muito mal drenados e com presença de lençol freático a pequena profundidade.

Assim, quanto mais favoráveis às características dos solos nas unidades de mapeamento, maior sua aptidão à implantação de um aterro, sendo então a classe dos latossolos considerada a mais adequada e a dos espodossolos, gleissolos e organossolos os menos adequadas (adequabilidade nula).

Classes geológicas-geotécnicas

O mapeamento geológico-geotécnico utilizado nesta análise foi feito de maneira geral, e nele não existe um estudo de fraturamento dos maciços rochosos, para tal, seria necessário um estudo mais detalhado. Assim, como não se tem maiores informações sobre os afloramentos rochosos, essa classe foi considerada de adequabilidade nula.

Para a padronização das classes geológicas-geotécnicas, levou-se em consideração as texturas dos sedimentos que compõem cada classe. Áreas com valores mais altos representam maior adequabilidade ao empreendimento enquanto que áreas com menores valores representam regiões menos adequadas, conforme pode-se observar na Tabela 3.

Para as unidades de baixada, considerou-se mesma valoração que a adotada para pedologia, logo, os organossolos, gleissolos e espodossolo, possuem adequabilidade nula ao empreendimento proposto, devido aos motivos já explicitados anteriormente.

Os cordões litorâneos receberam valor 0 por se tratar de área de preservação ambiental.

Os Depósitos de Formação Barreiras foram considerados de adequabilidade máxima, por serem solos situados em regiões de relevo mais abatido, tendo portanto, maiores espessuras dos solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, bem drenados e com relevo aplainado. São solos com boa capacidade de suporte de cargas e lençol profundo.

A classe de colúvio, solo transportado, encontrado principalmente em encostas e solo residual, é considerada de adequabilidade alta, porém não máxima, por ser de grande espessura, porém formadas por solos transportados e estarem localizadas nas encostas.

As classes onde encontramos Tálus são consideradas de adequabilidade nula, por possuírem afloramentos rochosos, serem de solos menos evoluídos, logo tem menor espessura de solo (rasos). Além de possuírem grande heterogeneidade granulométrica (variação do tamanho dos sedimentos) e litológica, o que os torna mais instáveis, com baixa trabalhabilidade, possuindo maior risco de deslizamento de blocos e solos, tornando as operações de execução de obras mais arriscadas, principalmente as de escavação.

As classes onde encontramos Colúvio / Solo residual / Blocos / Afloramentos foram consideradas de adequabilidade mais baixa por serem formadas de materiais variados, entre eles, afloramentos de rochas que são menos permeáveis e mais instáveis.

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

Tabela 3: Padronização das classes geológicas-geotécnicas.

Classe geológica-geotécnica	Valor Padronizado
Unidades de Baixada	
Solos arenoso-argilosos e argiloso-arenoso sobre substrato aluvial e marinho	64
Associação de Solos orgânicos e argilosos sobre substrato flúvio-lagunar	0
Cordões litorâneos – Solos arenosos sobre substrato marinho	0
Solos originados por sedimentos fluviais – granulometria variável, sujeitos a inundações periódicas	0
Unidade Elevadas	
Suave ondulado	
Depósitos de Formação Barreiras – Solos argilosos e argilo-arenosos sobre substrato fluvial	255
Relevo forte	
Afloramentos de rochas	0
Tálus/Colúvio/Afloramento – depositado nas encostas ou sopés das principais elevações	0
Relevo suave a ondulado	
Colúvio (0,5 a 1,5m)/SR - Granito	200
Colúvio (0,5 a 1,5m)/SR/Blocos/Afloramentos	100
Colúvio (0,5 a 1,5m)/SR – Unidade Angelim	200
Colúvio (0,5 a 1,5m)/SR – Unidade Bela Joana	200
Colúvio (0,5 a 1,5m)/SR – Unidade Desengano	200
Colúvio (0,5 a 1,5m)/SR – Unidade São Fidelis	200
Colúvio (0,5 a 1,5m)/SR – Unidade Santo Eduardo	200

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho revelam as características desejáveis dos solos para áreas de disposição de resíduos sólidos, características essas que podem ser alteradas de acordo com a infra-estrutura proposta para a área, com o especialista e com a maior ou menor necessidade de preservação do meio.

No caso estudado, foram considerados como solos mais adequados ao empreendimento os latossolos e como menos adequados os espodosolos, gleissolos e organossolos, levando-se em consideração que os solos devem funcionar como barreira filtrante, sendo capaz de reter elementos prejudiciais, e que a área de disposição contará com dispositivos de proteção.

Considerando a classificação geológica-geotécnica, os Depósitos de Formação Barreiras foram considerados de maior adequabilidade, pois estão em regiões de relevo mais abatido, tendo, portanto maiores espessuras dos solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, bem drenados e com relevo aplainado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987), Referências Bibliográficas: NBR 10.004: Resíduos sólidos - classificação. São Paulo, Brasil.
- Costa, R. G. S., Silva, G. C., Moura, J. R. S., Monteiro, A. C. (2002). "Evaluation and monitoring of Bangu waste disposal site", *4th Int. Conf. Geotecnia*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, pp. 713-716.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Brasília, 306p.
- Kataoka, S. M. (2000). "Avaliação de áreas para disposição de resíduos: proposta de planilha para gerenciamento ambiental aplicado a aterro sanitário industrial", Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, Brasil.
- Lago, A. L., Elis, V. R., Giacheti, H. L. (2006). "Aplicação integrada de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP", *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, Vol. 24, No. 3.

Mandelli, S. M. (1991). “*Tratamento de Resíduos Sólidos: Compêndio de Publicações*”, Editado por Suzana Maria de Conto Mandelli, Luiz Mário Queiroz Lima e Mário K. Ojima. Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Grupo de Resíduos Sólidos, Caxias do Sul. 291 p.

Massunari, I. S., (2000). “Pesquisa e seleção de áreas para aterro sanitário”, *Revista Limpeza Pública*, (Associação Brasileira de Limpeza Pública ABLP, São Paulo, SP), No. 55, pp. 21-23.

Mc Bean, E. A., Rovers, F. A., Farquhar, G. J. (1995). *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.

Pastore E. L. (1995). “Weathering profiles”, In: Proc. Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Guadalajara, Mexico, ISSMFE. Vol. 1, pp.353-364.

Pastore, E. L., Fontes, R. M. (1998). “Caracterização e classificação de solos” En: *Geologia de Engenharia*. 1. ed., Oliveira, A. M. S e Brito, S. N. A. (org.). Editora ABGE, São Paulo, pp. 197-210.

Pfeiffer, S. C., Carvalho, E. H. (2002). “Seleção de áreas para implantação de aterro sanitário no entorno do município de Ribeirão Preto - SP, utilizando-se o sistema de informações geográficas”, En: *VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos – ABES*, Gramado, RS, Brasil.



Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark



Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark